

N titl available.

Patent Number: DE19629084
Publication date: 1998-01-22
Inventor(s): GRUENE HORST DIPL PHYS (AT); BUCHNER PETER (DE); HELMOLT RITTMAR DR RER
NAT (DE)
Applicant(s):: SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: ☐ DE19629084
Application
Number: DE19961029084 19960718
Priority Number(s): DE19961029084 19960718
IPC Classification: H01M8/04 ; B60L11/18 ; B60K11/06
EC Classification: H01M8/04B2, B60K1/04, B60L11/18R, H01M2/10C4C
Equivalents: ☐ EP0913010 (WO9804013), NO990223, ☐ WO9804013

Abstract

A fuel cell system is disclosed for an electric vehicle driven (at least in part) by fuel cells. The fuel cell system, which is preferably but not exclusively air-cooled, is built in in such a manner that the dynamic pressure of the relative wind drives the cooling system. A stack of fuel cells is preferably located at the cooler of the vehicle and the relative wind directly cools the individual fuel cells.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Off nl gungsschrift**
⑩ **DE 196 29 084 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 01 M 8/04
B 60 L 11/18
B 60 K 11/08

②① Aktenzeichen: 196 29 084.8
②② Anmeldetag: 18. 7. 96
④③ Offenlegungstag: 22. 1. 98

DE 196 29 084 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Grüne, Horst, Dipl.-Phys., Ludmannsdorf, AT;
Buchner, Peter, 91332 Heiligenstadt, DE; Helmolt,
Rittmar, Dr.rer.nat., 91052 Erlangen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 43 22 765 C1
DE 40 01 684 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Elektrofahrzeug mit Antriebsbatterie aus Brennstoffzellen

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Elektrofahrzeug, das (zumindest u. a.) mit Brennstoffzellen angetrieben wird, bei dem die - bevorzugt aber nicht ausschließlich luftgekühlte - Brennstoffzellenanlage so eingebaut ist, daß der Staudruck des Fahrtwinds das Kühlsystem betreibt. Bevorzugt befindet sich der Brennstoffzellenstapel am Kühler des Fahrzeugs und der Fahrtwind kühlt direkt die einzelnen Brennstoffzellen.

DE 196 29 084 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Elektrofahrzeug, das eine Antriebsbatterie aus Brennstoffzellen mit verbessertem Kühlsystem hat, sowie ein Verfahren zur Elektrotraktion mit einer Brennstoffzellenanlage, die ein verbessertes Kühlsystem hat.

Bislang werden hauptsächlich flüssigkeitsgekühlte Brennstoffzellen als Antriebsbatterien in Elektrofahrzeugen, wie beispielsweise Bussen oder Pkws eingesetzt. Die Antriebsbatterie, bestehend aus den einzelnen Brennstoffzellen, wird dabei im Elektrofahrzeug oberhalb der angetriebenen Achse, im Laderaum oder im Motorenraum angebracht. Die während des Betriebs anfallende Verlustwärme der Brennstoffzellen wird an die Umgebungsluft des Elektrofahrzeuges abgegeben. Diese Technologie erfordert ein aufwendiges Kühlsystem mit Flüssigkeitskühlung und verschiedenen Wärmeaustauschern im Elektrofahrzeug zur Regenerierung des erwärmten Kühlmediums. Dabei entstehen nicht nur erhebliche konstruktive Aufwendungen, sondern das Kühlsystem trägt auch meistens zum Gesamtgewicht des Elektrofahrzeugs einen nicht unerheblichen Teil bei und erhöht somit die, für die Traktion des Elektrofahrzeugs, zumindest notwendige Energieleistung. Wegen dieser Nachteile der bisher praktizierten Brennstoffzellenkühlung besteht das Bedürfnis, ein Kühlsystem für eine Brennstoffzellenanlage in einem Elektrofahrzeug zu entwerfen, das eine einfachere, genauso effektive, kompaktere und leichtere Kühlung aufweist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine mobile Brennstoffzellenenergieversorgung mit Kühlsystem für ein Elektrofahrzeug zur Verfügung zu stellen, die dem Elektrofahrzeug weniger zusätzliches Gewicht aufbürdet als es bislang bei dieser Technologie üblich ist und die trotzdem gleiche Leistungsdaten liefert.

Allgemeine Erkenntnis der Erfindung dabei ist, daß der Staudruck des Fahrtwinds, der auf das Elektrofahrzeug während des Fahrbetriebs einwirkt, das Durchströmen des Kühlmediums durch das Kühlsystem bewirken oder zur Erhöhung der Durchströmungsgeschwindigkeit des Kühlmediums durch das Kühlsystem der Brennstoffzellenanlage ausgenutzt werden kann.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist deshalb ein Elektrofahrzeug, dessen Antriebsbatterie eine Brennstoffzellenanlage mit einem, gegebenenfalls sekundären, Kühlsystem, durch das ein gasförmiges Kühlmedium fließt, umfaßt, bei dem die Brennstoffzellenanlage so angeordnet ist, daß das, gegebenenfalls sekundäre, Kühlmedium ganz oder teilweise durch den Staudruck des Fahrtwinds in das Kühlsystem der Brennstoffzellenanlage eingeleitet wird.

Außerdem ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Elektrotraktion mit einer Antriebsbatterie, die eine Brennstoffzellenanlage mit einem, gegebenenfalls sekundären, Kühlsystem umfaßt, bei dem in dem Kühlsystem die aus dem Fahrtwind gewonnene Energie umgesetzt wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung und den Ausführungsbeispielen.

Bei einer Ausgestaltung der Erfindung wird neben dem Fahrtwind noch eine andere Druckquelle, wie beispielsweise ein Ventilator benutzt, um das, gegebenenfalls sekundäre, Kühlmedium durch das, gegebenenfalls sekundäre Kühlsystem zu leiten.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung besteht die Antriebsbatterie des Elektrofahrzeugs aus flüssigkeits-

gekühlten Brennstoffzellen, wobei die Verlustwärme der Brennstoffzellen (bis zu 60%) zunächst an ein flüssiges Kühlmedium übertragen wird, das dann in einem Wärmetauscher mit dem Fahrtwind gekühlt wird.

Bei einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist die Antriebsbatterie des Elektrofahrzeugs aus luftgekühlten Brennstoffzellen und der Fahrtwind kann direkt in das Kühlsystem der Brennstoffzellen eingespeist werden.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bestehen die Brennstoffzellen der Antriebsbatterie aus PEM-Brennstoffzellen, wobei PEM für Polymer Elektrolyt Membran steht.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist die Anordnung, bei der die luftgekühlte Brennstoffzellenanlage direkt am Kühler, eingebaut ist. Dabei kann es vorteilhaft sein, wenn die Brennstoffzellenanlage durch einen, vor dem vordersten Frontbereich des Fahrzeugs angebrachten, massiven Stoßfänger geschützt ist.

Besonders bevorzugt wird die luftgekühlte Brennstoffzellenanlage im Elektrofahrzeug so eingebaut, daß die Ebenennormalen auf die aktiven Flächen der einzelnen Brennstoffzellen senkrecht zur Fahrtrichtung stehen, so daß der Fahrtwind parallel zu den aktiven Flächen strömt.

Als "Elektrofahrzeug" werden alle mit Elektromotor angetriebenen Fortbewegungsmittel bezeichnet, wobei der Untergrund, auf dem sie fahren, d. h. Straße, Schiene, Wasser, Schnee oder Sand, etc. erfindungsgemäß keine Rolle spielt. Entscheidend ist, daß das Elektrofahrzeug mit einer Antriebsbatterie angetrieben wird.

Als "Antriebsbatterie eines Elektrofahrzeugs" wird erfindungsgemäß ein mobiles Energieversorgungssystem verstanden, das zumindest zum Teil aus Brennstoffzellen besteht. Dabei können unterstützend zu den Brennstoffzellen auch noch andere Mittel zur Energieerzeugung wie andere Batterien oder ähnliches eingesetzt werden. Erfindungsgemäß muß die Antriebsbatterie nicht ausschließlich aus Brennstoffzellen bestehen, muß aber Brennstoffzellen enthalten.

Als "Staudruck des Fahrtwinds" wird erfindungsgemäß der Druck bezeichnet, der durch die Bewegung des Fahrzeugs durch die Umgebungsluft als Staudruck wirksam wird ($p_s = \rho_l/2 V^2$). Als weitere "Druckquelle", mit der das Kühlsystem mit gasförmigem, in der Regel aus Luft bestehendem, Kühlmedium gespeist wird kann ein Ventilator, ein Kompressor oder ähnliches dienen.

Als "Brennstoffzellen" können erfindungsgemäß alle Arten von Brennstoffzellen, die für die mobile Energieversorgung in Betracht kommen, eingesetzt werden. Die PEM-Brennstoffzelle und die Direktmethanol-Brennstoffzelle stehen dabei im Vordergrund.

Als "primäres Kühlsystem" oder "normales Kühlsystem" wird ein Kühlsystem bezeichnet, in dem das Kühlmedium (Flüssigkeit oder Fahrtwind) direkt über die Bipolarplatten der Brennstoffzellen strömt und die Abwärme der Brennstoffzellen aufnimmt.

Als "sekundäres Kühlsystem" wird ein Kühlsystem bezeichnet, in dem ein erwärmtes (weil in einem primären Kühlsystem verbrauchtes) Kühlmedium abgekühlt und somit regeneriert wird.

Als "luftgekühlte Brennstoffzelle" werden erfindungsgemäß solche Brennstoffzellen bezeichnet, bei denen die primäre Kühlung der Brennstoffzelle mit dem Fahrtwind möglich ist. Dabei wird der Fahrtwind mit seinem vorgegebenen Staudruck in das Kühlsystem der Brennstoffzelle eingespeist und kann zusätzlich noch von einem weiteren unabhängigen Gas- oder Flüssigkeits-

strom unterstützt werden.

Bevorzugt wird natürlich eine Antriebsbatterie eingesetzt, deren Anordnung im Außenbereich des Elektrofahrzeugs so gelungen ist, daß der Fahrtwind allein ausreicht, um die Luftkühlung der Antriebsbatterie, die aus Brennstoffzellen besteht, zu sichern. Für geringe Fahrgeschwindigkeit oder hohe Außentemperatur kann, wie bei herkömmlichen, durch Verbrennungsmotor getriebenen Fahrzeugen, ein unterstützendes Ventilatorgebläse eingesetzt werden.

Als "Außenbereich des Elektrofahrzeugs" wird das gesamte Äußere des Elektrofahrzeugs bezeichnet. Dieser Terminus ist also nicht auf die Fahrzeugfront beschränkt, sondern es ist durchaus denkbar, daß sich die Antriebsbatterie oben auf dem Dach oder unten unter dem Fahrgast- oder Laderaum des Elektrofahrzeugs befindet. Entscheidend beim Außenbereich des Elektrofahrzeugs ist, daß der Fahrtwind auf die Stelle direkt einwirkt. Dabei wird es oft zu der Anordnung kommen, daß die Antriebsbatterie schlicht an der Stelle des herkömmlichen Kühlers im Fahrzeug eingebaut wird. In diesem Fall ist es von Vorteil, wenn ein massiver Stoßfänger, wie er beispielsweise von Geländewagen her bekannt ist und aus dicken Stahlrohren gebildet sein kann, der Antriebsbatterie vorgelagert angebracht ist, so daß bei kleineren Zusammenstößen diese vor Beschädigung geschützt ist.

Eine optimale Ausnutzung des Staudrucks des Fahrtwindes findet statt, wenn die Ebenennormalen der aktiven Flächen der einzelnen Brennstoffzellen senkrecht zur Fahrtrichtung stehen. Dabei kann der Fahrtwind entlang der Zellbleche strömen und direkt als Kühlmedium wirken. Bei der Anbringung des Wärmetauschers einer flüssigkeitsgekühlten Antriebsbatterie im Fahrtwind des Elektrofahrzeugs werden entsprechend die aktiven Flächen auch parallel zur Strömungsrichtung des Fahrtwindes ausgerichtet sein. Offensichtlich ist dabei, daß es für diese parallele Ausrichtung zum Fahrtwind zwei senkrecht aufeinander stehende Möglichkeiten gibt, nämlich einmal die Möglichkeit, daß die Zelle vertikal und einmal die Möglichkeit, daß sie horizontal angebracht ist. Anders ausgedrückt können die einzelnen Brennstoffzellen der "stacks" (d. h. der Zellenstapel der Brennstoffzellenanlage in der Antriebsbatterie) sowohl von oben nach unten als auch von links nach rechts gestapelt sein. Ebenso können die einzelnen aktiven Flächen des Wärmetauschers von oben nach unten oder von rechts nach links gestapelt sein.

Als "Verlustwärme" einer Brennstoffzelle wird die Wärme bezeichnet, die bei der Umsetzung an der Brennstoffzelle frei wird und nicht genutzt wird. Nachdem Brennstoffzellen üblicherweise mit einem thermodynamischen Wirkungsgrad von weniger als 60% betrieben werden, fällt ebenso üblicherweise Verlustwärme in einer Größenordnung von > 40% der in die Brennstoffzelle hineingesteckten chemischen Energie an. Bei flüssigkeitsgekühlten Brennstoffzellen wird diese Wärmeenergie oder Verlustwärme zunächst an ein flüssiges Kühlmedium, wie beispielsweise Wasser abgegeben. Das flüssige Kühlmedium umfließt dabei die bipolaren Platten einzelner Brennstoffzellen der Antriebsbatterie und wird im Kreis gefahren, d. h. über einen an den Brennstoffzellenstapel angeschlossenen Wärmetauscher regeneriert, d. h. abgekühlt und wieder in den Brennstoffzellenstapel eingeleitet. Erfindungsgemäß wird dann der Fahrtwind beim Betrieb des Wärmetauschers, in dem Kühlmedium regeneriert wird, eingesetzt. Die bipolaren Platten der Brennstoffzellen sind die

Abschlußbleche der einzelnen Brennstoffzellen ober- und unterhalb des Kathoden- der Anodenraums, die gleichzeitig die elektrische Leitung innerhalb eines Brennstoffzellenstapels ermöglichen. Bei flüssigkeitsgekühlten Brennstoffzellen fließt das Kühlmedium zwischen den Bipolarplatten der einzelnen Brennstoffzellen durch und bei luftgekühlten Brennstoffzellen strömt im selben Zwischenraum erfindungsgemäß der Fahrtwind.

Als "aktive Fläche" einer Brennstoffzelle wird die Fläche bezeichnet, in der sich entweder der Elektrolyt oder die Elektroden befinden bzw. entlang derer die Reaktionsmedien wie beispielsweise Oxidans und Brennstoff, fließen.

Im folgenden wird die Erfindung noch anhand von zwei Ausführungsbeispielen luftgekühlter Brennstoffzellenanlagen in Fahrzeugen, die erfindungsgemäß bevorzugt werden, näher erläutert.

1. Beispiel:

Eine Zelle mit 300 cm² aktiver Fläche ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 210 mm und einer Dicke pro Zelle von ca. 4,5 mm. Jeweils 100 dieser Zellen werden zu einem Block oder Stapel verbunden, wobei jeweils vorne und hinten am Block/Stapel noch eine Endplatte von ca. 2 cm Dicke befestigt wird, die die einzelnen Zellen des Brennstoffzellenstapels zusammenhält. Zwei Blöcke mit je 100 Zellen ergeben einen Quader, der 42 cm hoch, 21 cm tief und 49 cm breit ist. Ein derartiger Quader hat bei einer Leistung von 0,25 W/cm² eine Gesamtleistung von 15 kW. Diese Leistung reicht aus, um einen Kleinwagen zu ziehen und der Quader hat außerdem die Abmessungen, daß er gut in die Elektrofahrzeugfront eines Kleinwagens, wo üblicherweise der Kühler sitzt, integriert wird.

2. Zwei Blöcke aus Zellen mit je 400 cm² aktiver Fläche, die zu 150 Zellen gestapelt sind, haben eine Breite von 72 cm bei einer Leistung von 42 kW, wenn pro cm² eine Leistung von 0,35 Watt erreicht ist. Ein solcher Stapel oder eine solche Antriebsbatterie läßt sich in einem Mittelklassewagen über der Vorderachse quer einbauen, wo er einerseits gut mit Kühlluft versorgt werden kann und andererseits vor Beschädigung bei leichten Unfällen gut geschützt ist.

Da die Wärme flußdichte (d. h. die erzeugte oder abzuführende Wärme pro Flächeneinheit) einer Brennstoffzelle, verglichen mit der eines herkömmlichen Verbrennungsmotors, vergleichsweise gering und homogen ist, kann bei geeigneter Führung einer Luftströmung die gesamte anfallende Wärme des Brennstoffzellenblockes (= der Antriebsbatterie) ohne großen Aufwand direkt an die Umgebungsluft abgegeben werden.

Die erfindungsgemäß eingebauten, luftgekühlten Brennstoffzellenbatterien, wie in den Beispielen beschrieben, machen von dieser Überlegung Gebrauch. Wenn der Fahrtwind die Kühlluftströmung unterstützt, ist mit dieser Anordnung bei gegebener Betriebstemperatur die energetisch günstigste Kühlung überhaupt möglich. Abmessung und Gewicht der Brennstoffzellenanlage entspricht etwa dem Wärmetauscher Kühlflüssigkeit/Luft eines herkömmlichen Fahrzeugs, der erfindungsgemäß entfällt. Mit der luftgekühlten Brennstoffzellenbatterie ist das geringste Leistungsgewicht und das geringste Leistungsvolumen möglich, denn allein wegen der ansonsten notwendigen Wärmetauscher müssen alle anderen Lösungen prinzipiell schwerer und größer werden.

Patentansprüche

1. Elektrofahrzeug, dessen Antriebsbatterie eine Brennstoffzellenanlage mit einem, gegebenenfalls sekundären, Kühlsystem, durch das ein gasförmiges 5
Kühlmedium fließt, umfaßt bei dem die Brennstoffzellenanlage so angeordnet ist, daß das, gegebenenfalls sekundäre, Kühlmedium ganz oder teilweise durch den Staudruck des Fahrtwinds in das Kühlsystem eingeleitet wird. 10
2. Elektrofahrzeug nach Anspruch 1, bei dem neben dem Staudruck noch eine andere Druckquelle, beispielsweise ein Ventilator, benutzt wird, um das, gegebenenfalls sekundäre, Kühlmedium durch das, gegebenenfalls sekundäre, Kühlsystem zu leiten. 15
3. Elektrofahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, bei dem ein primäres Kühlmedium flüssig ist, das nach seiner Erwärmung im primären Kühlsystem der Brennstoffzellenanlage in einem sekundären Kühlsystem durch ein sekundäres Kühlmedium gekühlt 20
und regeneriert wird.
4. Elektrofahrzeug nach Anspruch 3, bei dem das sekundäre Kühlsystem einen Wärmetauscher umfaßt.
5. Elektrofahrzeug nach einem der vorstehenden 25
Ansprüche, bei dem die Brennstoffzellenanlage PEM-Brennstoffzellen umfaßt.
6. Elektrofahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Brennstoffzellenanlage im Kühler, d. h. im vordersten Frontbereich des Elektrofahrzeugs angeordnet ist. 30
7. Elektrofahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Brennstoffzellenanlage über der angetriebenen Achse angeordnet ist.
8. Elektrofahrzeug nach einem der vorstehenden 35
Ansprüche, bei dem die Brennstoffzellen so eingebaut sind, daß die Ebenennormalen der aktiven Flächen der einzelnen Brennstoffzellen senkrecht zur Fahrtrichtung stehen.
9. Verfahren zur Elektrotraktion mit einer Antriebsbatterie, die eine Brennstoffzellenanlage mit einem, gegebenenfalls sekundärem, Kühlsystem umfaßt, bei dem in dem Kühlsystem die aus dem Fahrtwind gewonnene Energie genutzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem während 45
des Betriebs der Fahrtwind durch das Kühlsystem geleitet wird.

50

55

60

65